

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## **Elektricky otevíratelné okno**

## Electrically Openable Window

Student:  
Vedoucí bakalářské práce:

Jiří Gattner  
Ing. Miroslav Trochta

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Gattner**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: Elektricky otevíratelné okno  
Electrically Openable Window

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Proveďte konstrukční návrh elektricky otevíratelného okna umístěného mezi sálem divadla a technickou místností. Musí být zabudováno ve stěně, a otvírání realizováno jako zasouvání okna do stěny. Pohon elektrický s co nejmenší hlučností. V návrhu uvažujte s bezpečnostními opatřeními, která budou schopna předejít možným úrazům osob při otvírání a zavírání. Provozně má okno pouze dvě polohy a to otevřeno nebo zavřeno, ovládáno pomocí dvojice tlačítek vedle okna. Zpracujte výkresovou dokumentaci v rozsahu dle pokynů vedoucího práce.

### Základní konstrukční parametry:

- Rozměr otvoru ve stěně výška 910 mm šířka 2830 mm
- Vzdálenost spodní hrany otvoru od podlahy 1100 mm
- Čas pro otevření/zavření okna přibližně 30 s.

### Seznam doporučené odborné literatury:

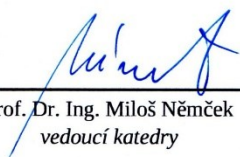
Ondrouch, Šňupárková : *Příručka statiky s příklady*, skripta VŠB-TU Ostrava, 1986  
Horyl Petr: *Statika a Dynamika*, skripta VŠB-TU Ostrava, 1988  
Podešva, J.: *Dynamika v příkladech*. VŠB-TU Ostrava, 1999.  
Němček, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*, skripta VŠB-TU Ostrava, 2001

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Trochta**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**Místopřisežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ведомі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ведомі, że - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018

  
.....  
podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Gattner

Adresa trvalého pobytu autora práce: Holasovice 199, 747 74

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GATTNER, J. Elektricky otevíratelné okno: *bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2018, 39 s. Vedoucí práce: Trochta, M.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem elektricky otevíratelného okna. V úvodu je popsána zadaná problematika. Následuje průzkum trhu a současný stav využití vertikálně posuvných oken v ČR a ve světě. Dále se práce zabývá výběrem mezi několika druhy konstrukčního řešení. Následuje samotná konstrukce zvolené varianty. Poté jsou v práci popsány volby, způsoby konstrukce, uchycení a umístění jednotlivých dílů. V další části se práce zabývá dostatečným zakrytím mechanismu a touto problematikou. Poslední část práce řeší způsoby bezpečnostního opatření proti úrazům. Příloha k práci obsahuje sestavný výkres otevíratelného okna a výrobní výkres součásti.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

GATTNER, J. *Electrically Openable Window: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2018, 39 p. Thesis head: Trochta, M.

The bachelor thesis deals with an electrically openable window engineering design. In the introductory part the specified issue is described. It is followed by a research concerning both inland and abroad. Next part of the work regards the selection from several variants of design. The best driving mechanism is selected and designed. Next part concerns the selection and description of assembly, attachment and design of used parts. In the next part the bachelor thesis deals with the coverage of the whole mechanism. Last part of the work describes solutions used for safety measures. The attachment to the work includes an assembly drawing of the whole mechanism and a production drawing of the given part.

**Obsah**

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	7
ÚVOD .....	9
1. PRŮZKUM TRHU A VYUŽITÍ V ČR I V ZAHRANIČÍ .....	10
2. VÝBĚR KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ .....	12
2.1. Varianta I .....	12
2.2. Varianta II .....	13
2.3. Varianta III .....	14
2.4. Zhodnocení .....	14
3. KONSTRUKČNÍ A POČETNÍ ŘEŠENÍ ZVOLENÉ VARIANTY .....	15
3.1 Sestavení nosných prvků .....	16
3.2 Výpočet a volba lana .....	20
3.3 Sestavení okna .....	21
3.4 Výpočet a volba motoru .....	25
3.5. Konstrukce, uchycení a výpočet kladek .....	28
4. KRYTÍ MECHANISMU .....	33
4.1 Kostra krytí .....	33
4.2 Zakrytí deskami .....	34
5. ZABEZPEČENÍ .....	35
5.1 Světelná závora .....	36
5.2 Tlaková spínací lišta .....	38
6. ZÁVĚR .....	39
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	40
8. SEZNAM PŘÍLOH .....	42

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
$a_s$	Účinný rozměr svaru	[mm]
$a$	Tloušťka stěny v úchopu kladky	[mm]
$b$	Šířka kladky	[mm]
$B$	Šířka skla	[m]
$d$	Průměr čepu	[mm]
$F_l$	Síla v laně	[N]
$g$	Gravitační zrychlení	[m·s <sup>-2</sup> ]
$H$	Výška skla	[m]
$k_{min}$	Bezpečnostní koeficient lana	[-]
$K$	Minimální únosnost lana	[N]
$l$	Délka svaru	[mm]
$l_\xi$	Délka čepu	[mm]
$L$	Délka svařované součásti	[mm]
$m$	Přídavky na nedokonalost svaru	[mm]
$m_c$	Početní celková hmotnost	[kg]
$m'_c$	Skutečná celková hmotnost	[kg]
$m_{pr}$	Hmotnost plastového rámu	[kg]
$m_r$	Hmotnost ocelového rámu	[kg]
$m_s$	Hmotnost skla	[kg]
$M_o$	Ohybový moment	[Nm]
$n$	Počet nosných průřezů lana	[-]
$Q_{max}$	Maximální nosnost mechanismu	[kg]

---

$s_p$	Dráha požadovaného zdvihu	[mm]
$s_z$	Dráha zdvihu	[mm]
$t_m$	Čas zdvihu motoru	[s]
$t_p$	Čas požadovaného zdvihu	[s]
$v_m$	Rychlost motoru	[m·s <sup>-1</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu	[mm <sup>3</sup> ]
$z$	Počet kladek	[-]
$\sigma_o$	Ohybové napětí	[Mpa]
$\sigma_{oD0}$	Dovolené ohybové napětí	[Mpa]
$\sigma_{red}$	Redukované napětí	[Mpa]
$\eta$	Účinnost ložisek	[-]
$\tau_{dov}$	Dovolené rovinné napětí ve svaru	[Mpa]
$\tau_D$	Smykové dovolené napětí	[Mpa]
$\tau_{rov}$	Rovinné napětí ve svaru	[Mpa]
$\tau_s$	Smykové napětí	[Mpa]



## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem elektricky otevíratelného okna umístěného mezi sálem divadla a technickou místností. Okno má zajistit a usnadnit komunikaci personálu divadla například při zvučení. Otevření/zavření okna by mělo proběhnout přibližně během třiceti vteřin. Konstrukční řešení by mělo zahrnovat elektrický pohon s co nejmenší hlučností. Z důvodu blízkého pohybu osob je zabezpečení a krytí nutností.

### Cíle práce:

- Vypracovat přehled možných řešení a jedno z nich zvolit
- Samotné zvolené řešení zkonstruovat
- Vizually celou konstrukci zakrýt
- Zvolit vhodné bezpečnostní prostředky
- Vypracovat výkresovou dokumentaci dle zadaného rozsahu

## 1. PRŮZKUM TRHU A VYUŽITÍ V ČR I V ZAHRANIČÍ

U nás se v současné době svislá elektricky posuvná okna používají jen výjimečně a existuje pouze málo firem, které takto posuvná okna komerčně vyrábějí. Jedná se tedy spíše o individuální zakázkovou výrobu.

V zahraničí je zastoupení trochu rozsáhlejší. Převážně jde o země jako je USA, Anglie, Švýcarsko, Portugalsko, Turecko (obr. 1.1) a Indie.



Obr. 1.1 – Trojdílný vertikálně posuvný automatizovaný systém od firmy Er-Bir [5]

Využití takto posuvných oken není moc populární. V technické oblasti se jedná spíše o alternativu jiných možných řešení, nebo o využití, kde to situace nutně vyžaduje, např. v technických místnostech divadlech, kinech nebo v nahrávacích studiích (obr 1. 2). V oblasti komerční jde například o moderní nadstandard luxusních hotelů a restaurací. (obr. 1. 3).



Obr. 1.2 – Technická místnost nahrávacího studia [6]

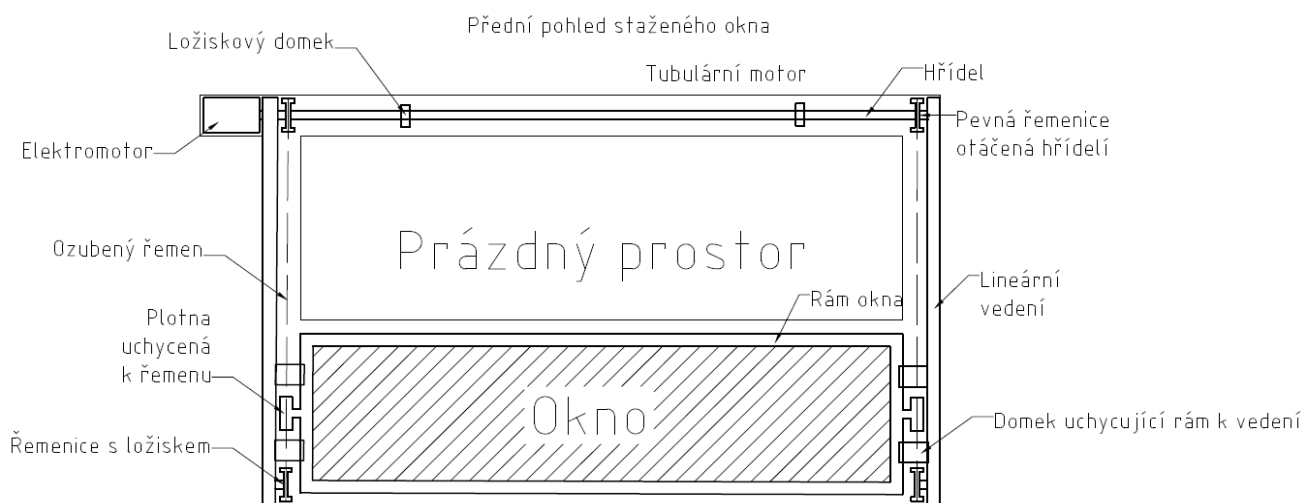


Obr. 1.3 – Luxusní restaurace v Turecku [7]

## 2. VÝBĚR KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Tato kapitola se zabývá schematickým návrhem a výběrem zvedacího mechanismu.

### 2.1. Varianta I



Obr. 2.1 – Schéma varianty I

#### Popis:

Elektromotor je uchycen na zdi nad prázdným prostorem. K motoru je připojena hřídel, kterou drží dva ložiskové domky uchycené ke zdivu. Hřídel roztáčí dvě řemenice na ní uložené. Na spodním konci lineárního vedení jsou další dvě otáčivé řemenice. Díky plotně přichycené jak k ocelovému rámu, tak k řemenu se celý mechanismus posunuje. K rámu jsou navíc po stranách uchyceny dva ložiskové domky, které vykonávají pohyb po lineárním vedení z důvodu zamezení výkyvů. (obr 2.1)

#### Výhody:

- Prostorově nenáročný

#### Nevýhody:

- Příliš složitá konstrukce
- Náročné na údržbu
- Zapotřebí silného motoru

## 2.2. Varianta II

Přední pohled staženého okna



Obr. 2.2 – Schéma varianty II

### Popis:

Kompaktní indukční elektromotor s převodovkou a elektromagnetickou brzdou je umístěn pod konstrukcí. K motoru je pomocí spojky připojen lanový buben s drážkami, hřídel, kterou podpírají ložiskové domky a druhý lanový buben. Ve stropě jsou poté po obou stranách přišroubovány kladky, přes které prochází ocelové lano uchycené k posuvnému domku lineárního vedení. Rám okna je pomocí posuvného domku přichycen k lineárnímu vedení z důvodu zamezení výkyvů při zvedání. (obr. 2.2)

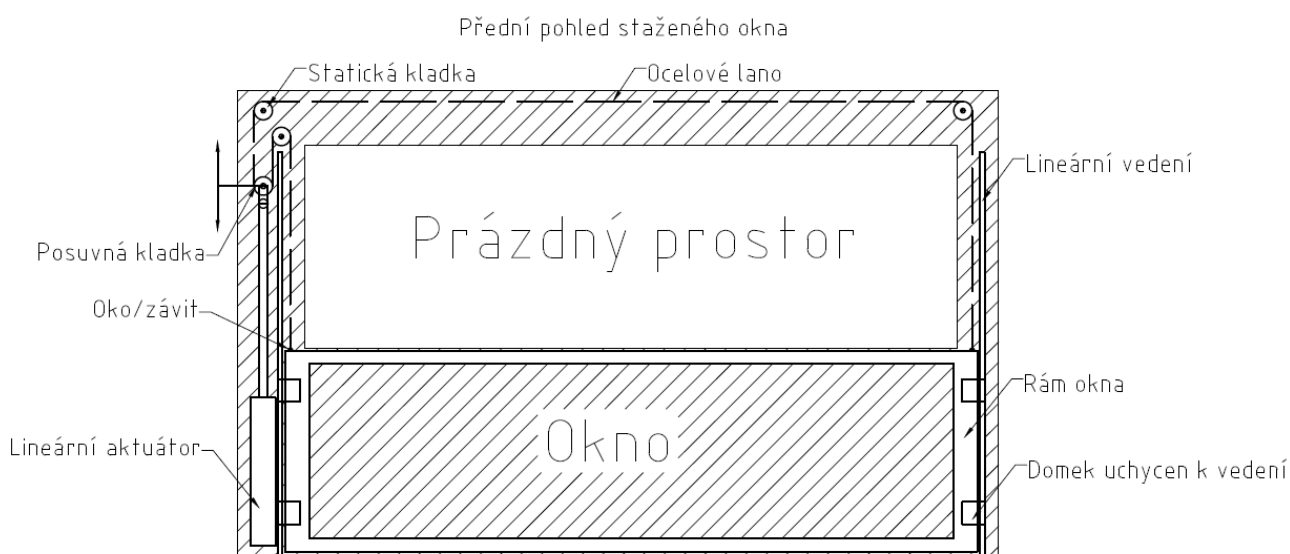
### Výhody:

- Rozdělení sil na dvě lana

### Nevýhody:

- Složitější konstrukce
- Použito příliš mnoho technologií
- Náročné na údržbu

### 2.3. Varianta III



Obr. 2.3 – Schéma varianty III

#### Popis:

Lineární aktuátor posouvá přichycenou kladku ve vertikálním směru, čímž natahuje nebo povoluje ocelové lano s napínákem, které prochází přes statické kladky. Ocelové lano je přichyceno k ocelovému rámu okna. Jako u všech předchozích variant je proti výkyvům konstrukce zabezpečena lineárním vedením se dvěma domky po stranách uchycených taktéž k rámu. (obr. 2. 3)

#### Výhody:

- Jednoduchá konstrukce
- Snadná údržba a kontrola
- Dostupnost komponentů
- Tichý provoz

#### Nevýhody:

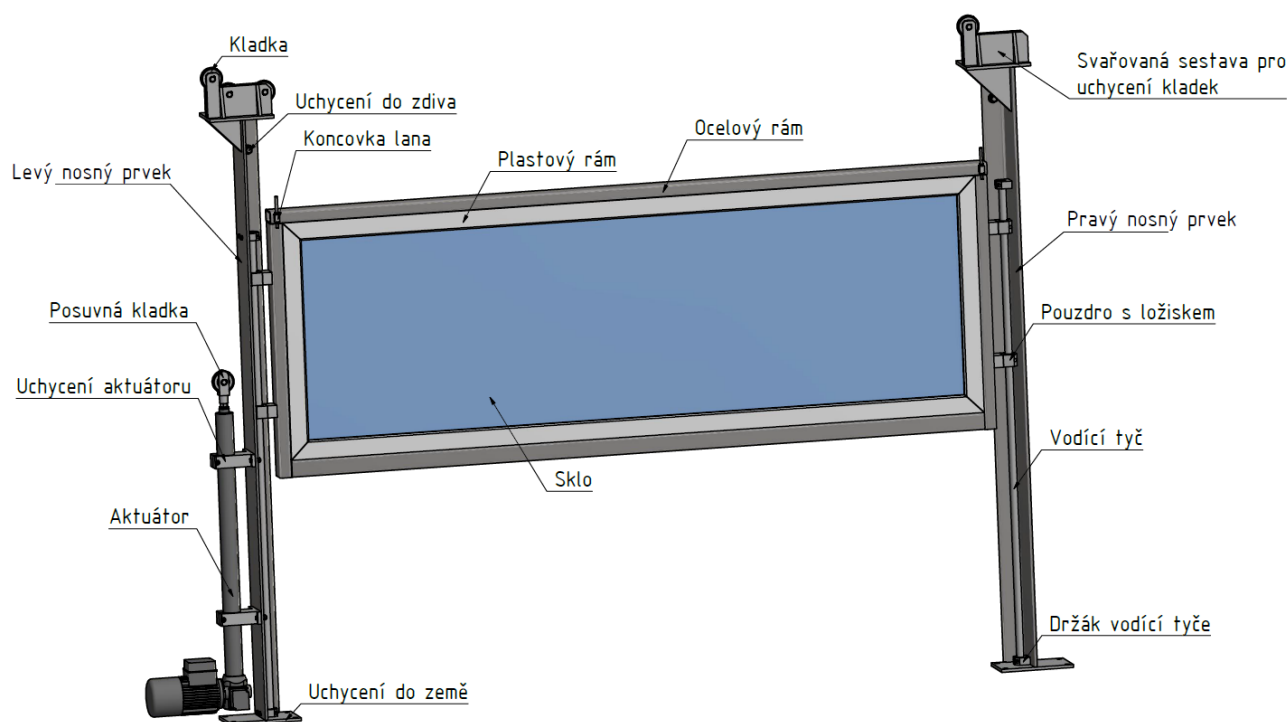
- Zatížení jen na jedno lano

### 2.4. Zhodnocení

Jako nejvhodnější byla zvolena varianta III a to díky dostupnosti komponentů na trhu, jednoduchosti její konstrukce, tichému provozu a snadné údržbě.

### 3. KONSTRUKČNÍ A POČETNÍ ŘEŠENÍ ZVOLENÉ VARIANTY

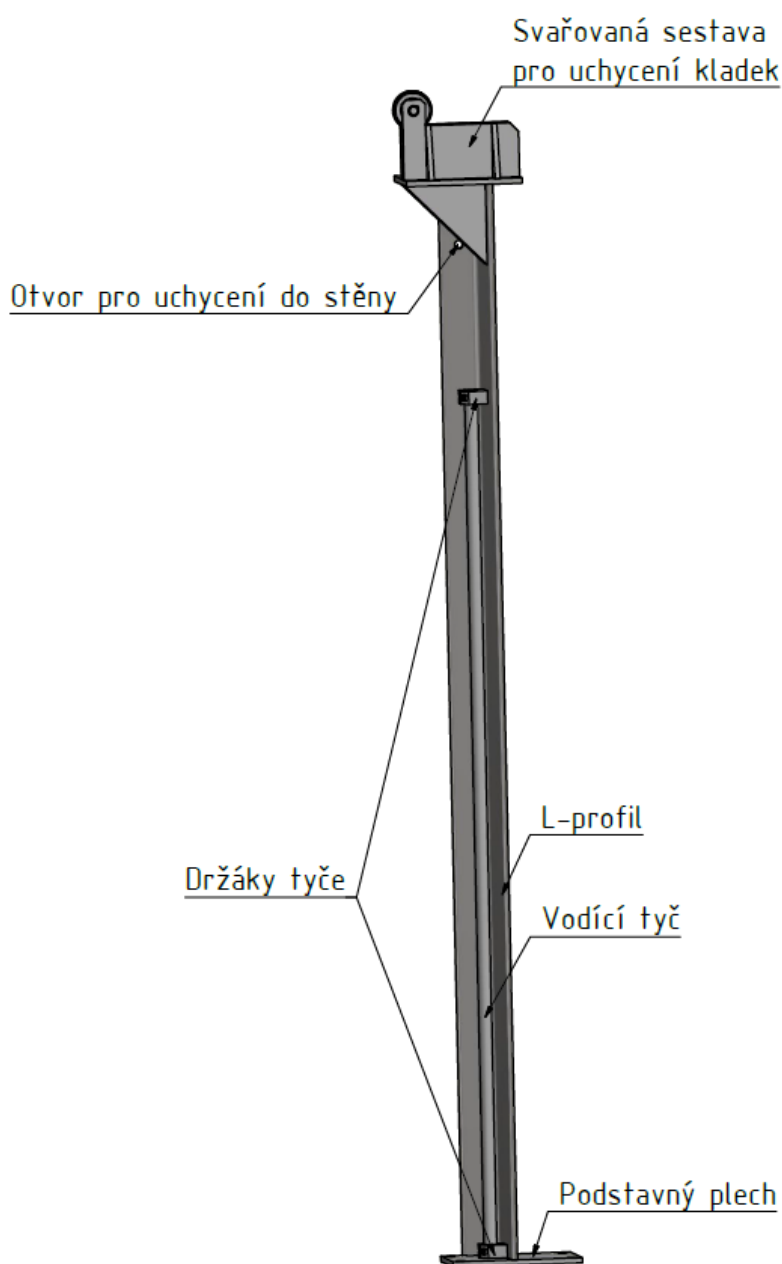
Konstrukce se skládá ze dvou nosných prvků, které jsou uchyceny do země a do zdiva. K těmto nosným prvkům jsou přišroubovány držáky, vodící tyče lineárního vedení a aktuátor. Na vršcích nosných prvků jsou svařované sestavy plechů vyztužené žebrováním. Navrtné díry v bočních plechách slouží pro uchycení kladek pomocí čepů. Další vyvrtaný otvor, tentokrát do svisle položeného plechu, slouží pro průchod ocelového lana. Na vrchu levého nosného prvku jsou kladky tři. Na pravém je kladka pouze jedna. Okolo plastového okna je svařen ocelový rám. Na tomto rámu jsou přivařeny koncovky lana a pouzdro s ložiskem již zmiňovaného lineární vedení. Ke koncovkám lana je uchyceno ocelové lano, procházející přes všechny kladky. (obr. 3.1)



Obr. 3.1 – Popsaný model varianty III

### 3.1 Sestavení nosných prvků

Nosné prvky se skládají z několika sestavených částí (Obr. 3.2). L-profil je přivařen k podstavnému plechu se čtyřmi dírami. Otvory slouží pro přichycení prvků pomocí kotvy do podlahy. Do L-profilu jsou našroubovány držáky vodících tyčí. Šrouby, které držáky uchycují, jsou protaženy předvrtanými dírami v L-profilu a z druhé strany dotaženy maticemi. Po nasunutí vodících tyčí do držáků jsou dalším šroubem utaženy proti vypadnutí. Horní uchycení tyče k L-profilu je totožné. Na vrších nosných prvků je svařovaná sestava s předvrtanými dírami pro uchycení kladek. V levé svařované sestavě jsou díry tři a v pravé jedna. K levému nosnému prvku je také uchycena trubice lineárního aktuátoru, a to stejným principem, jako jsou uchyceny vodící tyče.



Obr. 3.2 – Nosný prvek



## Lineární vedení

Lineární vedení se skládá z vodící tyče, uchycení těchto tyčí a pouzdra s kuličkovými ložisky. Součást přichycena k nosným prvkům je uchycení vodící tyče WBC, do které je samotná tyč posléze nasunuta a dotažena.

## Volba tyče

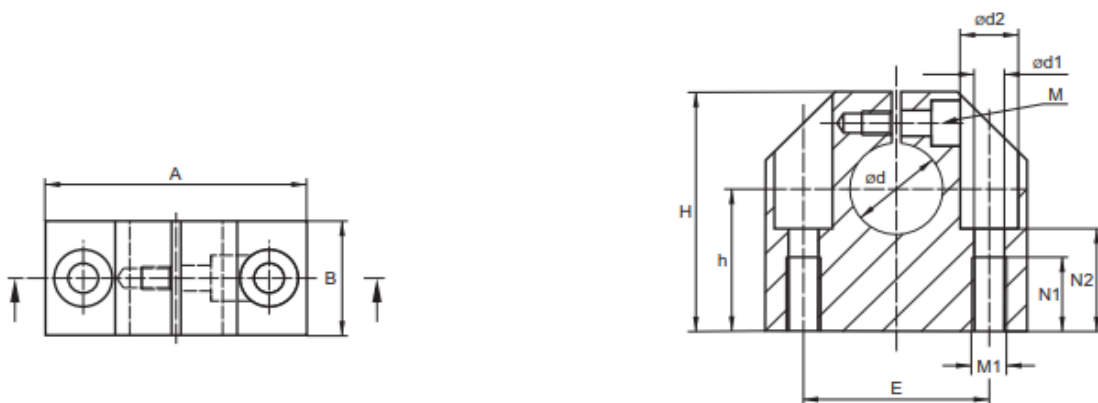
Na základě kritérií pro volbu typu vodící tyče byla zvolena tyč z katalogu (Obr. 3. 3) s označením WV – Plně vodící tyče, indukčně kalené, tvrdě chromované. [8]

Označení tyče	Průměr tyče $\varnothing d$ [mm]	Tloušťka kalené vrstvy [mm]	Standard. tolerance ISO h6 [ $\mu m$ ]	Max. výrobní délka [mm]	Kruhovitost t1 [ $\mu m$ ]	Přímost t2 [ $\mu m$ ]	Rovinnost t3 [ $\mu m$ ]	Hmotnost na 1 m [kg]
<b>WV</b>								
<b>WV30</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>0-21</b>	<b>7800</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>0,10</b>	<b>5,549</b>

Obr. 3.3 – Katalog tyčí [8]

## Uchycení tyčí

Uchycení tyče do L-profilu bylo zvoleno WBC-30 (obr 3. 4) z oficiálního katalogu Matis Uchycení tyčí Compact. [9] Tyto úchyty jsou přišroubovány skrz díry v L-profilech a dotaženy maticemi.

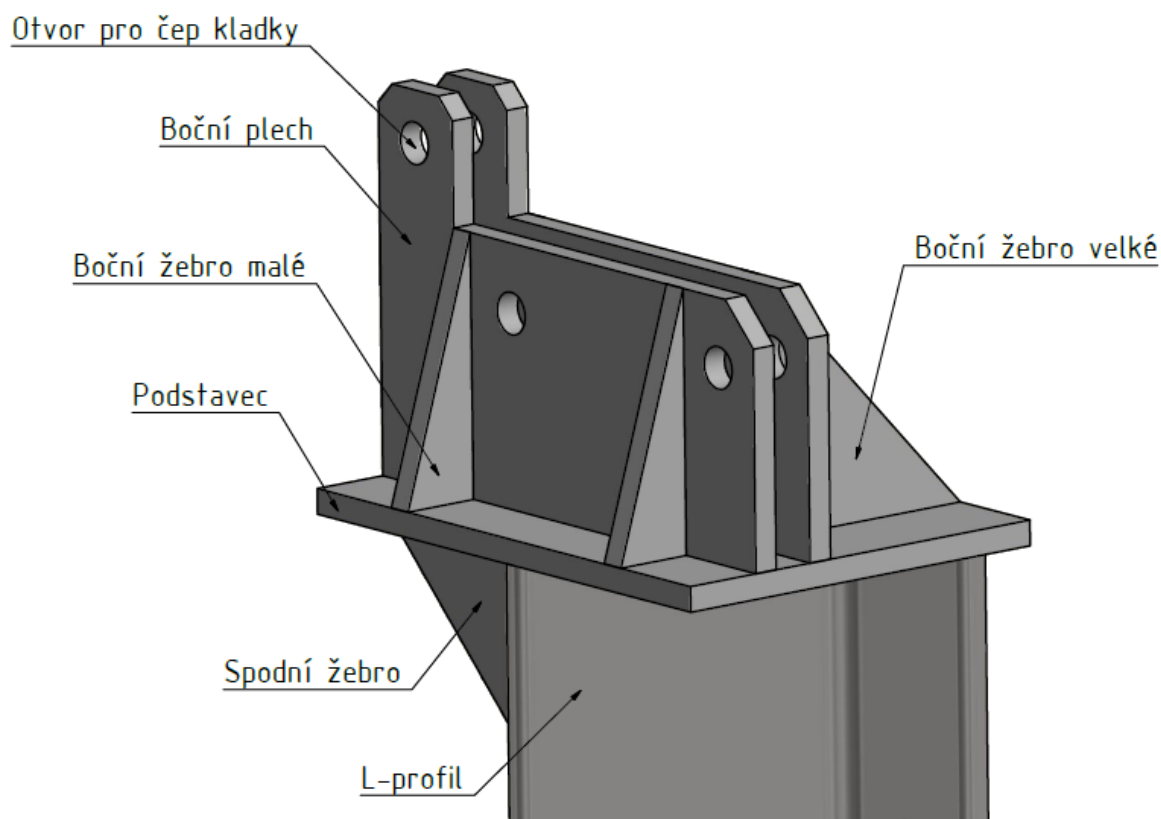


Označení	Rozměry [mm]												Hmotnost [kg]
	$\varnothing d$	A	B	H	$h \pm 0,02$	$E \pm 0,12$	$\varnothing d1$	$\varnothing d2$	M	M1	N1	N2	
<b>WBC-30</b>	<b>30</b>	<b>67</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	<b>49</b>	<b>8,6</b>	<b>15</b>	<b>M6</b>	<b>M10</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>0,22</b>

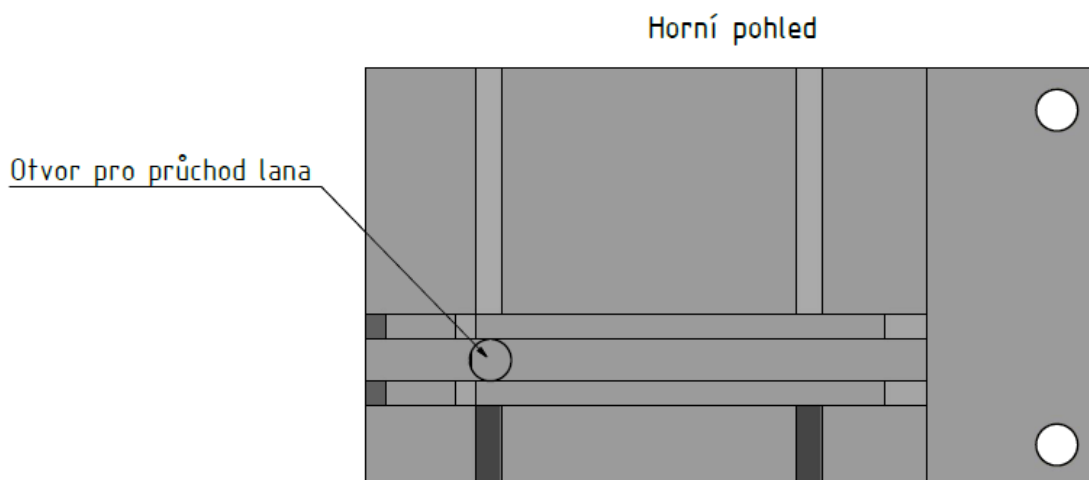
Obr. 3.4 – Uchycení tyčí WBC [9]

### Svařovaná sestava pro uchycení kladek

Celá sestava pro uchycení statických kladek se skládá ze svařovaných 12mm plechů stejného materiálu jako L-profilů. Jedná se o podstavec, který je přímo navařen k L-profilu a zabezpečen spodními žebry. V podstavci je vyvrtán otvor, kterým prochází lano. Poté jsou svisle navařeny dva boční plechy s otvory, kterými projde čep kladky. Na levém prvku jsou otvory tři. Na pravém pouze jeden. Tyto svisle navařené plechy jsou zabezpečeny dvěma páry bočních žeber. (Obr. 3.5 a 3.6)



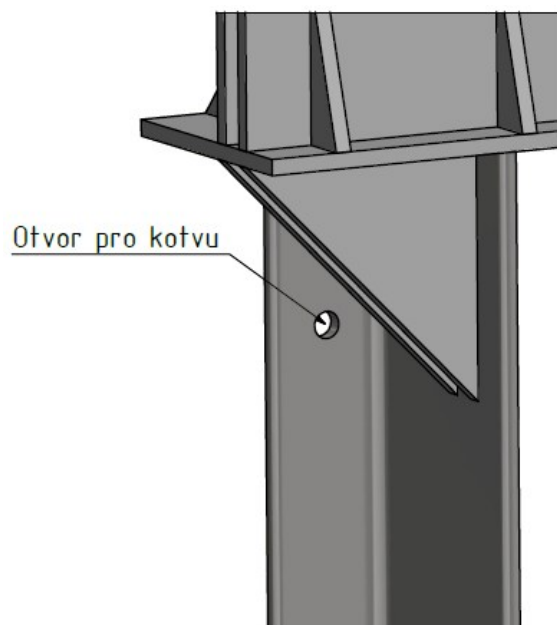
Obr. 3.5 – Sestava uchycení kladek na levém nosném prvku



Obr. 3.6 – Perspektiva levého nosného prvku

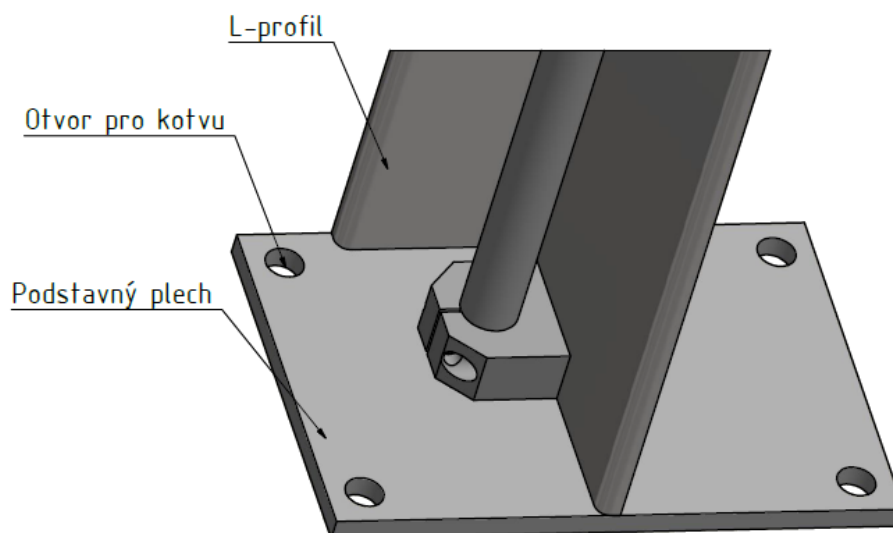
### Uchycení nosných prvků do zdiva a podlahy

Celý nosný prvek byl zabezpečen uchycením do zdiva. To bylo zajištěno předvrtaným otvorem v L-profilu a uchycením chemickou kotvou dle Obr. 3.7.



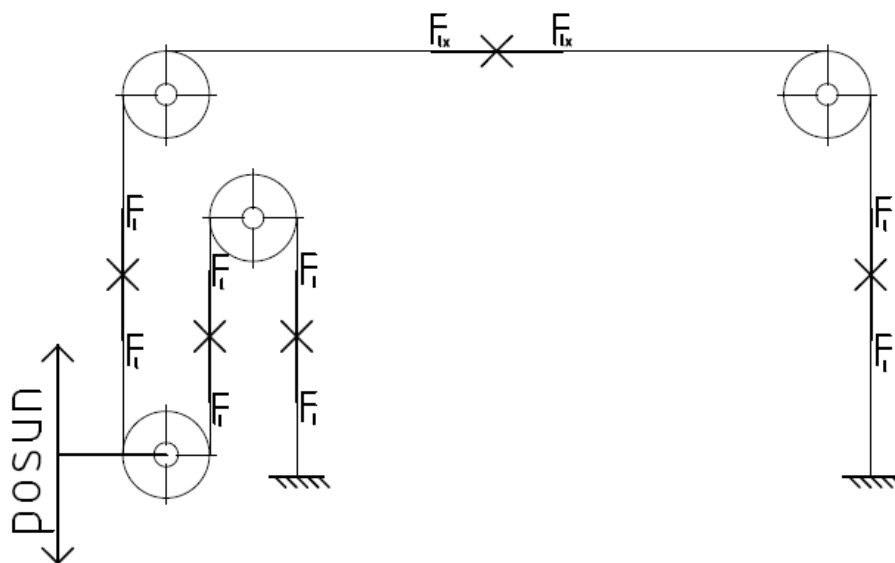
Obr. 3.7 – Otvor pro uchycení do zdiva

Do podlahy je nosný prvek uchycen kotvou skrz čtyři otvory v podstavném plechu, na který je L-profil přivařen. (Obr. 3.8)



Obr. 3.8 – Uchycení do podlahy

### 3.2 Výpočet a volba lana



Obr. 3.9 – Schéma průběhů sil v laně

#### Výpočet síly v laně

$$F_l = \frac{Q_{max}}{z \cdot n} \cdot \frac{g}{\eta} \quad (3.1)$$

$$F_l = \frac{250}{2 \cdot 4} \cdot \frac{9,81}{0,98} = 312,81 \text{ [N]}$$

Na Obr. 3.9 je schematicky znázorněno působení sil v laně.

#### Výpočet minimální nosnosti lana

Dle normy ČSN 27 0100 [10] byl mechanismus zařazen do skupiny I., což znamená max. počet 20 000 cyklů za rok při poměrném zatížení lana (30 – 60) [%], kde je bezpečnost  $k_{min} = 5$  [-]. Za předpokladu střídavého ohybu lana přes kladky se tato bezpečnost navyšuje o 0,7 [-].

Výsledná bezpečnost  $k_{min} = 5,7$  [-].

$$K = F_l \cdot k_{min} \quad (3.2)$$

$$K = 312,81 \cdot 5,7 = 1782,907 \text{ [N]}$$

#### Volba lana

Bylo zvoleno ocelové šestipramenné lano Ø5 mm od firmy Safetex. (Obr. 3.10) ČSN 024320. [11]

- Jmenovitá pevnost = 1 770 Mpa
- Jmenovitá únostnost = 15,7 kN
- Dovolené zatížení = 380 kg



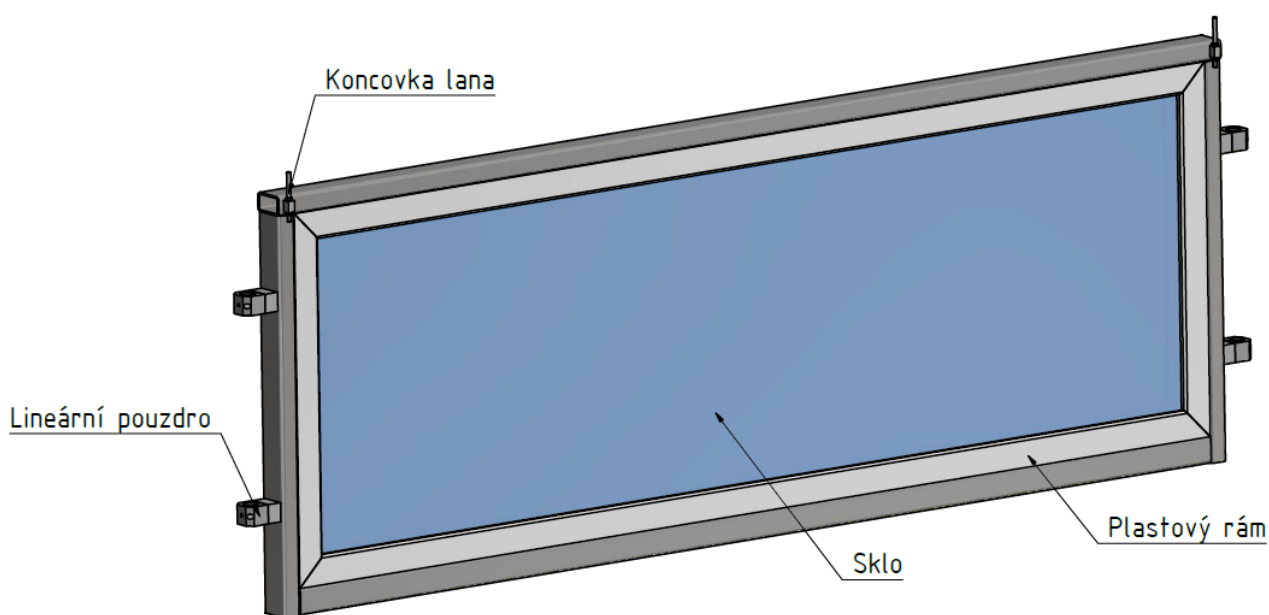
Obr. 3.10 – Průřez ocelového lana [11]

### Napínák lana

Závitový napínák lana byl zvolen v provedení hák-hák SHH-M05 DIN 1480. Napínák je umístěn ve středu lana mezi levým a pravým nosným prvkem. Na koncích lan jsou očka, která se za háky zachycují. Otáčením napínací matice tak lze lano povolovat či dotahovat.

### 3.3 Sestavení okna

Okno se skládá ze skla, plastového rámu a z důvodu uchycení lineárních pouzder a koncovek lan také ze zkonstruovaného ocelového rámu. (Obr. 3.11)



Obr. 3.11 – Okno

### Sklo a plastový rám

Jelikož na zasklení nejsou žádné zvláštní požadavky, bylo tedy firmou Sklenářství Havlický navrženo trojsklo složené ze tří 6mm skleněných tabulí a plastového rámu.

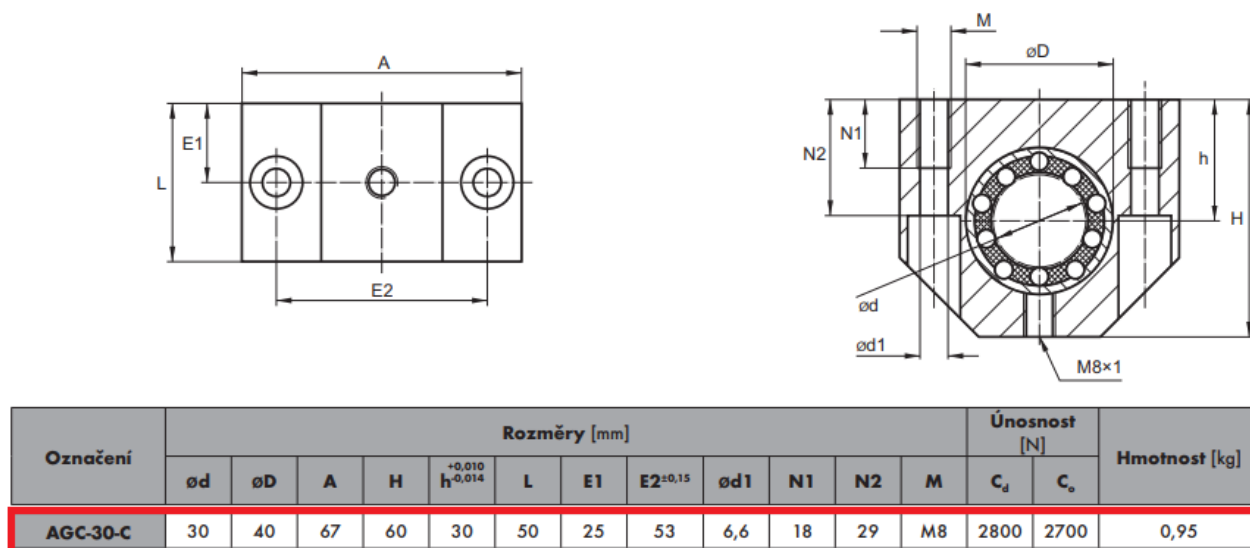
### Ocelový rám

Rám byl svařen z dutých obdélníkových tyčí. Boční tyče mají rozměry 90x50x5 mm a délku 1050mm. Horní tyč o stejných rozměrech má délku 3000mm. Z důvodu celé váhy okna položené na spodní tyči byly z konstrukčního hlediska zvoleny o něco větší rozměry 90x70x5mm s délkou 2900mm.

Zabezpečení okna proti vypadnutí bylo vyřešeno přišroubováním ocelového rámu k plastovému.

## Lineární pouzdro

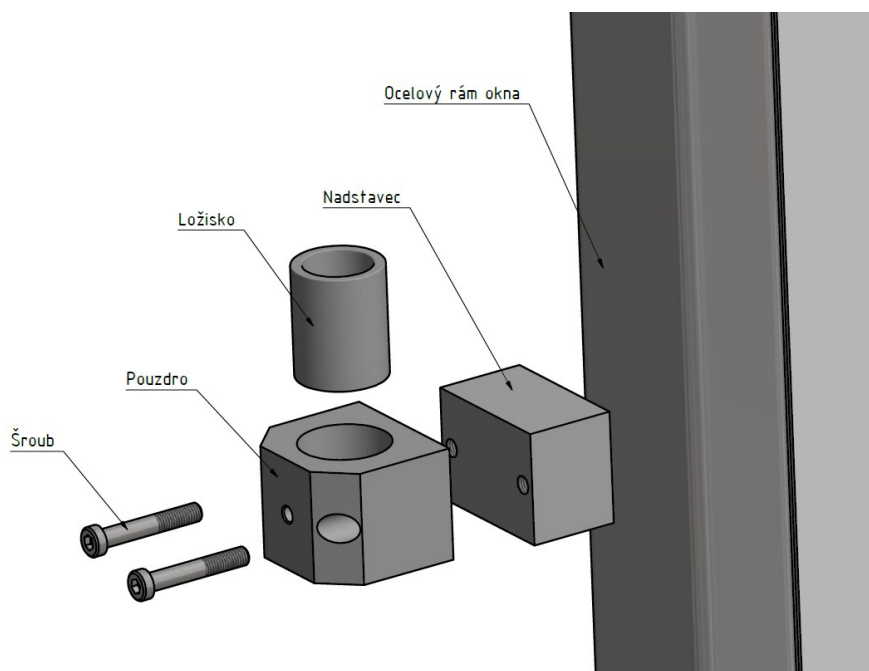
Kuličkové pouzdro KH (SKF: LBBR) pro posun po tyči je zvoleno v jednoduchém uzavřeném provedení AGC Compact (Obr. 3. 12), které bude následně přišroubováno k nadstavci přivařenému k ocelovému rámu kolem plastového okna.



Obr. 3.12 – Katalog pouzdra [12]

## Uchycení pouzdra k ocelovému rámu

Pouzdro s ložiskem bylo uchyceno k ocelovému rámu okna pomocí přivařeného nadstavce. Ten má dvě 8mm široké závitové díry, do kterých jsou přišroubována pouzdra. Pouzdem s ložiskem se poté prostrčí vodící tyč, po které je vykonáván vertikální posun okna s rámem. (Obr. 3.13)



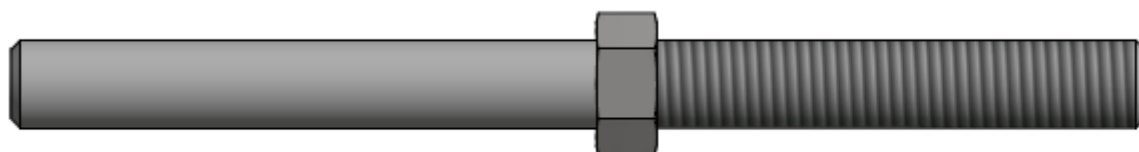
Obr. 3.13 – Model uchycení pouzdra k ocelovému rámu

### Volba koncovky lana

K obou koncům lana byly přichyceny nerezové lisovací koncovky A4 s metrickým závitem M10 (obr. 3.14) s délkou závitu 63 mm z katalogu firmy ObchodProDílnu [13] (Tab. 3.1).

Kód	Průměr závitu	Délka [mm]	Délka závitu [mm]	Průměr lana [mm]
7712003	M10	130	63	5

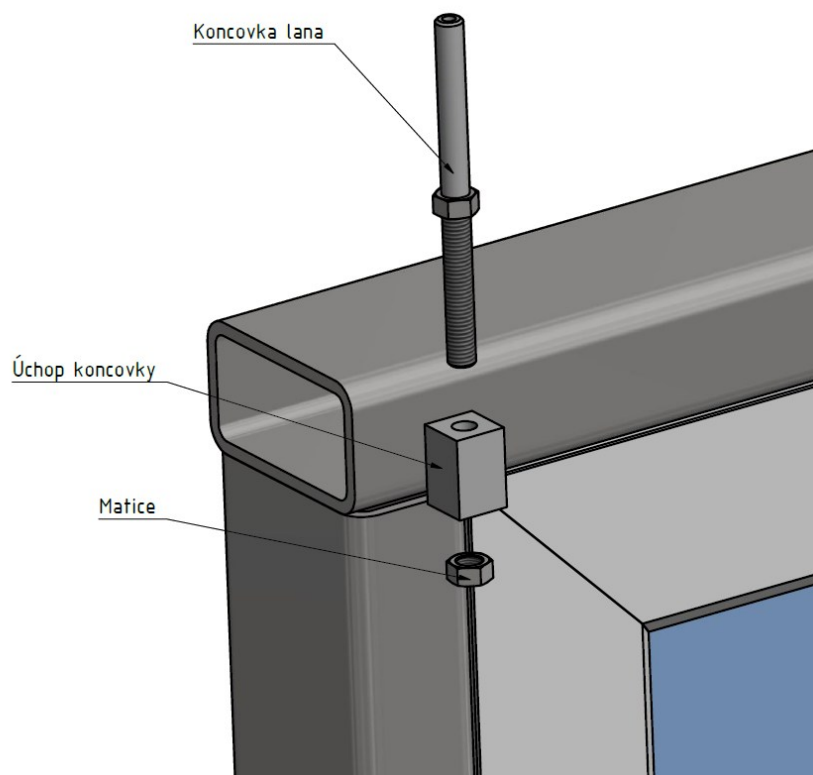
Tab. 3.1 – Parametry koncovky



Obr. 3.14 – Model koncovky

### Uchycení koncovky lana k ocelovému rámu okna

Koncovka je prostrčena skrz díru v úchytu koncovky a z druhé strany dotažena maticí. Tato součást, ve které je koncovka uložena, je koutovým svarem přivařena k přední straně vrchní duté obdélníkové tyče ocelového rámu. (3.15)



Obr. 3.15 – Model uchycení koncovky

**Pevnostní výpočet svaru uchycení koncovky lana**

Součást s dírou pro uchycení koncovky je vyrobena z konstrukční oceli 11 373, která má dovolené napětí  $\tau_{dov} = 50 \text{ Mpa}$ . Působení sil zaznačeno v Obr. 3.16.

Doporučený účinný rozměr koutových svarů pro spojované součásti tlustší než 20mm je  $a = 4 \text{ mm}$ .

$$l = L - 2 \cdot a \quad (3.3)$$

$$l = 30 - 2 \cdot 4 = 22 \text{ mm}$$

$F_l$  – síla lana

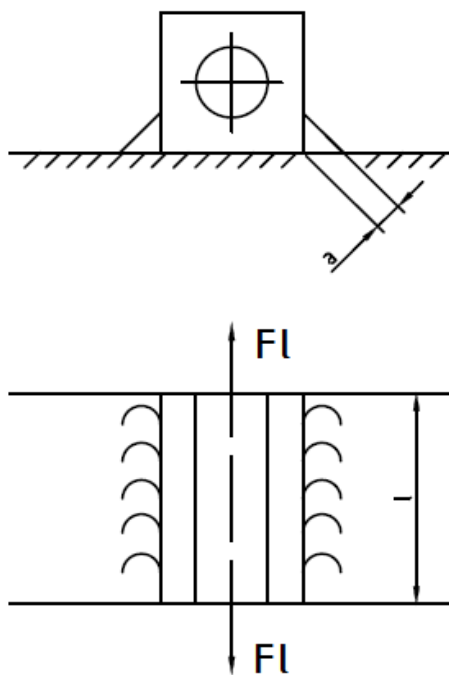
$$\tau_{rov} = \frac{F_l}{2 \cdot a \cdot l} \leq \tau_{dov} \quad (3.4)$$

$$\tau_{rov} = \frac{312,18}{2 \cdot 4 \cdot 22} = 1,77 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{rov} \leq \tau_{dov}$$

$$1,77 \leq 50 \text{ MPa}$$

Svar vyhovuje.



Obr. 3.16 – Působení sil na součást



### 3.4 Výpočet a volba motoru

K výběru motoru je nutné znát váhu zvedaných těles a motor poté zkontrolovat dle požadavků.

#### Výpočet hmotnosti skla

Výpočet hmotnosti skla se provádí na základě jeho měrné objemové hmotnosti, která je  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

$$m_s = B \cdot H \cdot 2,5 \cdot T \quad (3.5)$$

$$m_s = 2,83 \cdot 0,91 \cdot 2,5 \cdot 18 = 115,88 \text{ kg}$$

#### Hmotnost plastového rámu

Hmotnost plastového rámu byla odhadována s bezpečnostní odchylkou na:

$$m_{pr} = 28,65 \text{ kg}$$

#### Váha ocelového rámu a domků vedení

$$m_r = 75,18 \text{ kg}$$

#### Celková váha

$$m'_c = m_s + m_{pr} + m_r \quad (3.6)$$

$$m'_c = 115,88 + 26,68 + 75,18 = 217,74 \text{ kg}$$

Z důvodů bezpečnosti, například při nechtěném opření osoby při zdvihu okna, bylo počítáno s váhou:

$$m_c = 250 \text{ kg}$$

#### Výpočet potřebné síly pro vytažení okna

$$F_o = m_c \cdot g \quad (3.7)$$

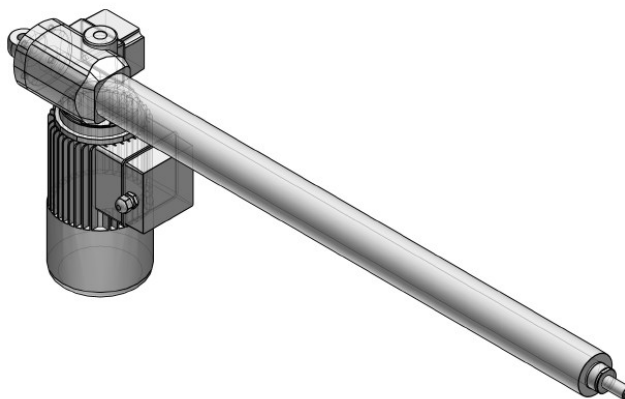
$$F_o = 250 \cdot 9,81 = 2452,5 \text{ N}$$

#### Volba motoru

Protože byla nejlépe vyhodnocena varianta III, tak pro vertikální pohyb posouvané kladky byl z katalogu Raveo zvolen třífázový lineární aktuátor ALI5-F-AC-ACME LEAD SCREW (Obr. 3.18) s parametry dle Obr. 3.17. Motor má dva dorazy, což jsou horní a spodní poloha okna. Dále má zabudovanou elektromagnetickou brzdu, která zajišťuje bezpečnost při vypadnutí proudu. V neposlední řadě obsahuje protirotační zařízení, které při vysouvání aktuátoru zabraňuje jakékoliv rotaci, která by mohla zabránit vzniku působení nechtěných sil.

AL15 - AC - STELO VITE TRAPEZIA / ACME LEAD SCREW - S3 30% (5 min) 30°C										
Fmax Fmax (N)	Velocità Speed (mm/s)	Versione Version	Taglia motore Motor size	Potenza motore Motor power (KW)	Giri motore Motor speed (rpm)	Rapporti Riduzione Gearbox Reduction Ratio	D vite Screw D (mm)	Passo Pitch (mm)	Rendimento Efficiency	Corsa max Max stroke (mm)
7200	47	M02	IEC80	1,10	2800	1:5	25	5	0,32	1100

Obr. 3.17 – Parametry motoru [14]



Obr. 3.18 – Model motoru AL15-F-AC-ACME LEAD SCREW [15]

### Řízení motoru

Řízení motoru zajišťuje ruční ovladač pro aktuátory TFH7 (Obr. 3.19) od firmy Raveo. Jedná se o ovladač vyrobený z kovu, přichycený ke krytí celého mechanismu, a připojený díky kabelům. Ovladač má pouze dvě tlačítka, a to pro horní a spodní polohu okna.



Obr. 3.19 – Ruční ovladač TFH7 [16]

### Výpočet času pro zdvih okna

Jedním z parametrů v zadání byl čas pro otevření/zavření okna přibližně  $t_p = 30$  s.

$$s_z = v_m \cdot t_p \quad (3.8)$$

$$s_z = 47 \cdot 30 = 1410 \text{ mm}$$

Zvolený motor ujede za 30 s 1410 mm s tím, že požadovaný zdvih  $s_p = 983 \text{ mm}$  a z toho vyplývá:

$$t_m = \frac{t_p}{s_z} \cdot s_p \quad (3.9)$$

$$t_m = \frac{30}{1410} \cdot 983 = 20,9 \text{ s}$$

Kde  $t_m$  je čas, za který motor vyjede požadovanou dráhu. Musí být větší nebo roven času motoru.

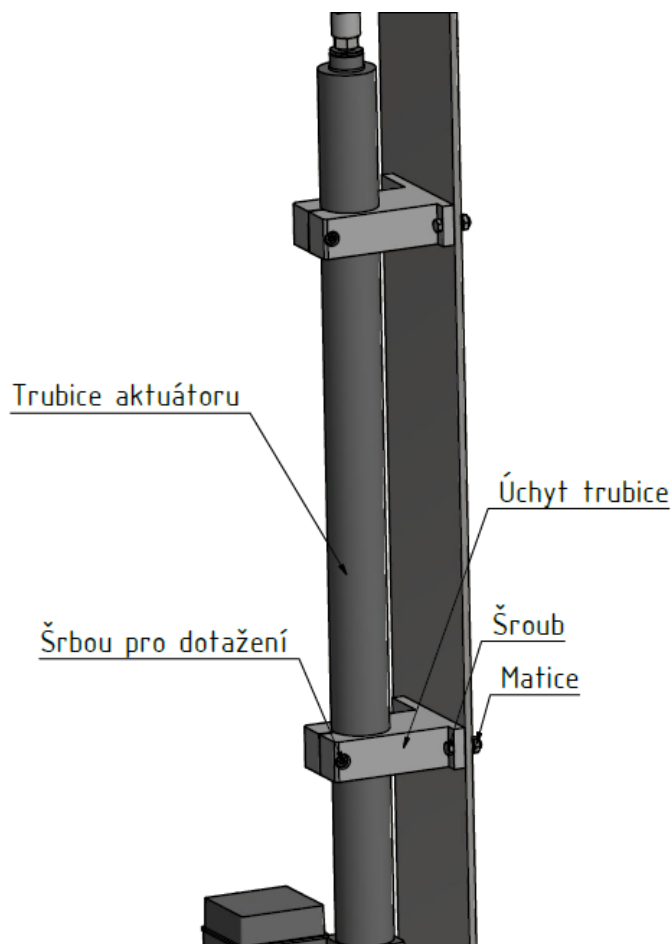
$$t_p \geq t_m \quad (3.10)$$

$$30 \geq 20,9 \text{ s}$$

Motor tedy splňuje podmínku.

### Uchycení motoru

Dle Obr. 3.20 byl motor uchycen zkonstruovaným úchytem, do kterého je nasunuta trubice aktuatoru, a následně přišroubován k L-profilu a dotažen maticí. Zabezpečení proti vyklouznutí trubice z úchopu zajišťuje šroub pro utažení tyče. Horní úchyt je realizován totožně.



Obr. 3.20 – Model uchycení k motoru

### 3.5. Konstrukce, uchycení a výpočet kladek

Tato podkapitola se zabývá konstrukcí kladek (Obr. 3.21) a jejich uchycením jak k motoru, tak ke svařovaným sestavám na vrcholcích nosných prvků. Také se zabývá pevnostními výpočty, které jsou s kladkami spojené.



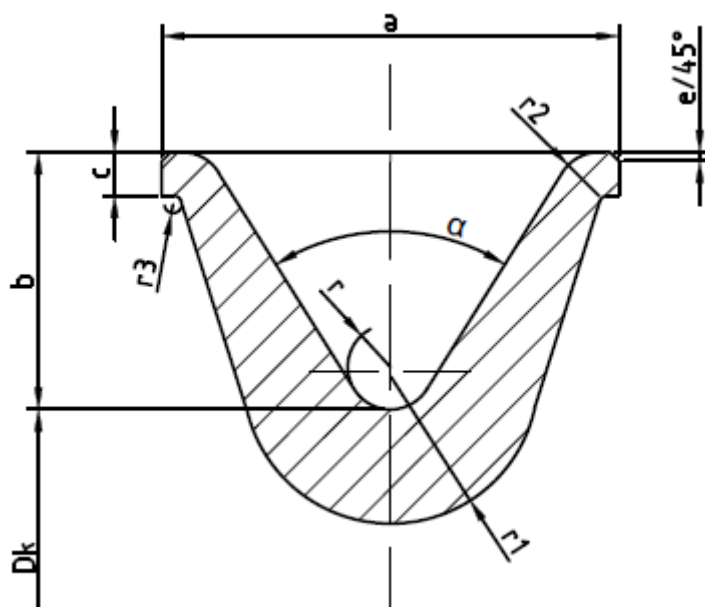
Obr. 3.21 – Model kladky

#### Návrh kladky

Mechanismus byl zařazen dle ČSN 27 1820 [17] do skupiny I. se součinitelem  $a = 14$ . Rozměr kladky (obr 3.22) dle tabulkových hodnot (tab 3.2) byl z průměru lana  $d_l = 5$  mm zvolen na  $D_k = 63$  mm.

$d_l$	$r$	$a$	$b$	$c$	$e$	$r_1$	$r_2$	$r_3$
5	2,7	18	12,5	4	-	6	2	1

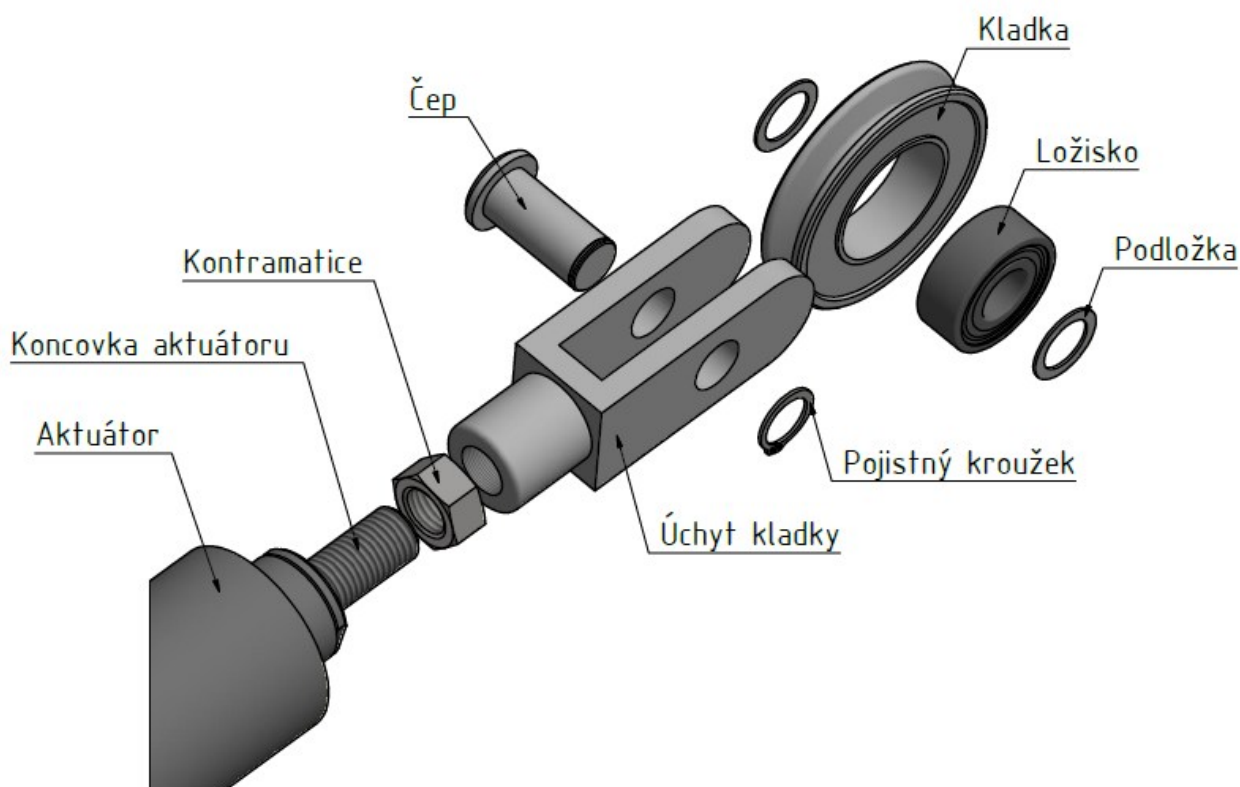
Tab. 3.2 – Tabulka dle ČSN 27 1820 [17]



Obr. 3.22 – Drážka kladky [17]

### Uchycení posuvné kladky k motoru

Kladka s vloženým ložiskem je uchycena čepem s hlavou a drážkou pro pojistný kroužek v součásti pro uchycení kladky, na jejímž konci je závitová díra. Mezi stěnou a ložiskem (Obr. 3.24) jsou po obou stranách uloženy na čepu dvě podložky. Celá tato sestava je našroubovávána na koncovém závitu elektromotoru a pojištěna kontramaticí M20. (Obr. 3.23)

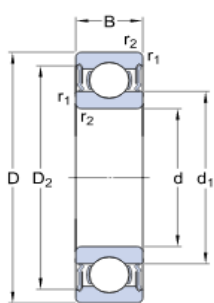


Obr. 3.23 – Způsob uchycení kladky ke koncovce motoru

### Volba ložiska

Z katalogového listu bylo zvoleno jako nejvhodnější kuličkové ložisko SKF 62204-2RS1.

### Parametry ložiska



d	20	mm
D	47	mm
B	18	mm
d <sub>1</sub>	≈ 28.8	mm
D <sub>2</sub>	≈ 40.59	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 1	mm

Obr. 3.24 – Rozměry ložiska [18]

**Konstrukce čepu**

Čep kladky byl vyroben z konstrukční oceli 11 373. Z konstrukčního hlediska volím celkovou délku čepu  $l_c = 47,7$  mm. Na tomto čepu je nalisováno kuličkové ložisko a dvě podložky. Toto ložisko je zajištěno proti posunutí hlavicí čepu a pojistným kroužkem ČSN 9074 20 x 1,2.

**Pevnostní výpočet čepu**

V následující podkapitole je proveden pevnostní výpočet čepu s dovoleným napětím na ohyb a smyk.

Konstrukční ocel má dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{oD0} = 70$  Mpa a dovolené napětí ve smyku

$\tau_D = 50$  Mpa. Působení sil je znázorněno na Obr. 3.25 a převedeno na nosník na Obr. 3.26.

**Základní pevnostní podmínka pro ohyb čepu:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{oD0} \quad (3.11)$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{oD0}$$

$$1,39 \leq 70 \text{ Mpa}$$

**Ohybový moment:**

$$M_o = F_l \cdot \frac{l}{2} - \frac{F_l}{2} \cdot \frac{b}{4} \quad (3.12)$$

$$M_o = \frac{F_l}{4} \cdot (2l - b)$$

$$M_o = \frac{F_l}{4} \cdot (2a + b)$$

$$M_o = \frac{312,81}{4} \cdot (10 + 18) = 2189,6 \text{ Nm}$$

**Modul průřezu:**

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 20^3}{32} = 785,39 \text{ mm}^3 \quad (3.13)$$

**Ohybové napětí:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{2189,6}{785,39} = 2,78 \text{ Mpa} \quad (3.11)$$

**Výpočet čepu na smyk (střih):**

$$\tau_s = \frac{2F_l}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2} = \frac{4F_l}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D \quad (3.14)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 312,81}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot 2} = \frac{4 \cdot 312,81}{\pi \cdot 20^2} = 0,99 \text{ Mpa}$$

$$\tau_s \leq \tau_D$$

$$0,99 \leq 50 \text{ [Mpa]}$$

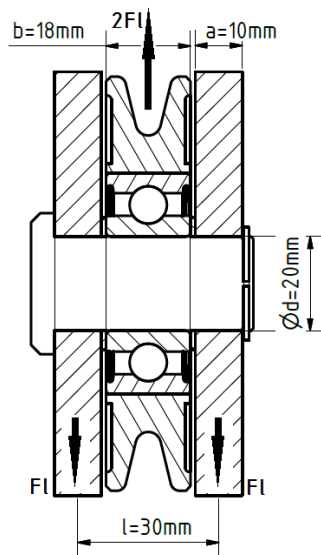
**Výpočet redukovaného napětí:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \leq \sigma_{D0} \quad (3.15)$$

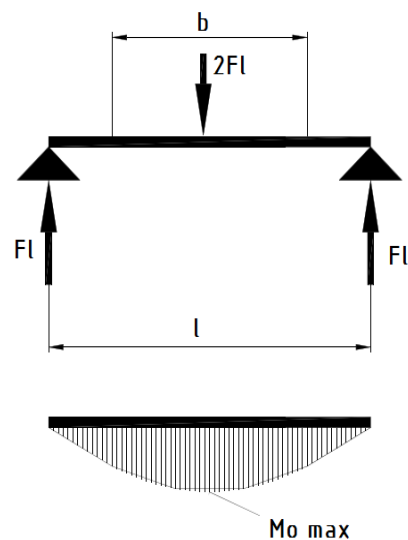
$$\sigma_{red} = \sqrt{2,78^2 + 3 \cdot 0,99^2} = 3,26 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{D0}$$

$$3,26 \leq 70 \text{ Mpa}$$



Obr. 3.25 – Síly v kladce



Obr. 3.26 – Rozložení sil na nosník

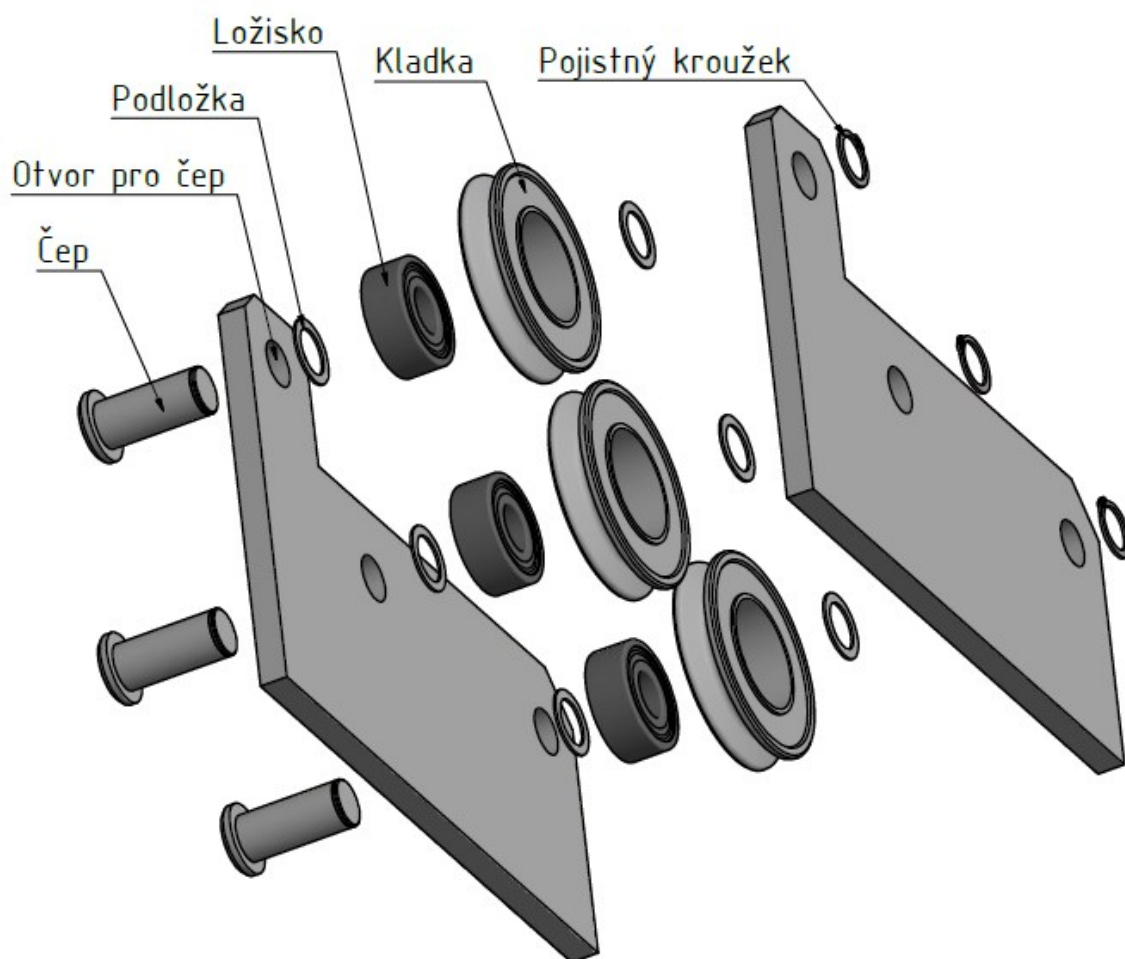
Čep splňuje podmínky.

### Konstrukce statických kladek

Z důvodu zachování stejnorodosti celého mechanismu je konstrukce kladky dle ČSN 27 0310 [17] totožná. Ložisko bylo taktéž voleno stejné - SKF 62204-2RS1. Pouze čep byl konstrukčně prodloužen na 51,7mm z důvodu o 2mm širších stěn.

### Uchycení statických kladek

Dle obrázku je zřejmé, že čep s hlavou prochází skrz navrtaný otvor v bočním plechu. Na čepu je nasunuta podložka, ložisko, na kterém je uložena kladka, a další podložka. Vypadnutí čepu je zabezpečeno pojistným kroužkem v drážce. Levá i pravá konstrukce je totožná s rozdílem odsazení podstavce a chybějících dvou kladek na pravém nosném prvku. (Obr. 3.27)

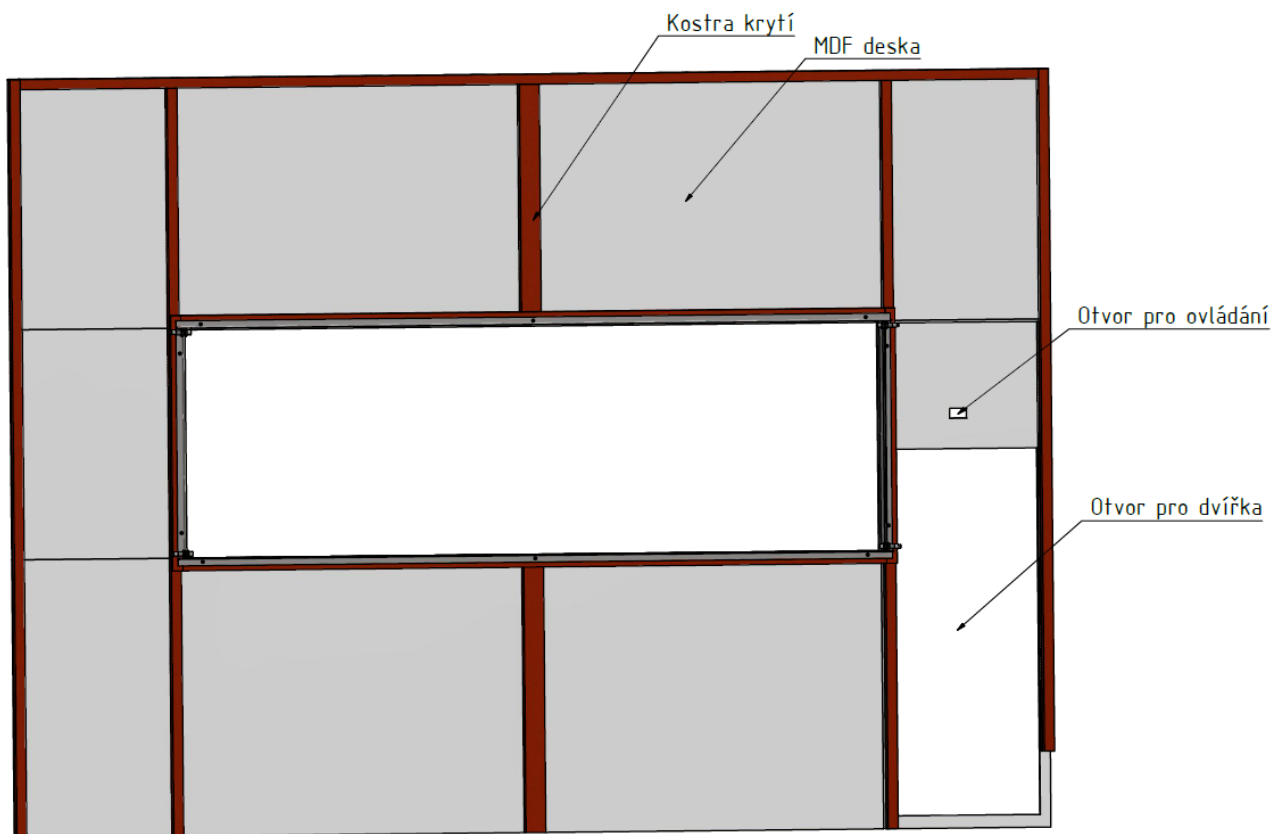


Obr. 3.27 – Rozebraná sestava uchycení kladek na levém nosném prvku



#### 4. KRYTÍ MECHANISMU

Krytí mechanismu je složeno z kostry, což jsou dřevěné tyče k sobě přišroubované vruty do dřeva. Okolo prázdného prostoru je kostra vyztužena pro následné usnadnění aplikace bezpečnostních opatření. Na tuto kostru jsou nakladeny a přišroubovány nařezané MDF desky. V rohu, kde se nachází motor, je výřez pro dvířka ze stejného materiálu z důvodu snadného přístupu k motorovým částem. Nad výřezem pro dvířka se nachází druhý otvor, který slouží pro umístění ručního ovládání. (Obr. 4.1)



Obr. 4.1 – Celkový model krytí mechanismu

##### 4.1 Kostra krytí

Kostru krytí celého deštění tvoří nařezané a vyfrézované dřevěné tyče 40x40mm z podélně nařezaného kmene. Kostra je uchycena vrutem do zdiva do předem předvrtané díry s nabitou 10mm hmoždinou.

Pro spojení kostry byly vybrány vruty se zápusťnou hlavou TORX 4x50mm.

Pro uchycení kostry do zdiva TORX 4x70mm a hmoždina Fischer S 10mm.

**Volba materiálu: Smrk**

- Lehké
- Cenově dostupné
- Relativně pevné

**4.2 Zakrytí deskami**

Celé opláštění vzniklo přišroubováním 10mm tlustých MDF desek ke kostře, které jsou jako velkoplošný materiál určené pro použití v suchých podmínkách interiéru. Mají jemný povrch a jsou vhodné pro další povrchové úpravy.

Vruty pro přišroubování MDF desek byly zvoleny ocelové Torx 4x50mm se zápusťnou hlavou žlutě pozinkované.

**Volba MDF desky:**

MDF deska byla zvolena v maximálních rozměrech 2800 x 2070 x 10 mm s rovnou hranou od firmy Delika. [19]

**Dvířka**

Dvířka byla zvolena ze stejného materiálu. Ke kostře jsou přichycena dvojicí pantů. Otevírání pístem Hettich push-to-open k nábytkovým dvířkům (Obr. 4.2)

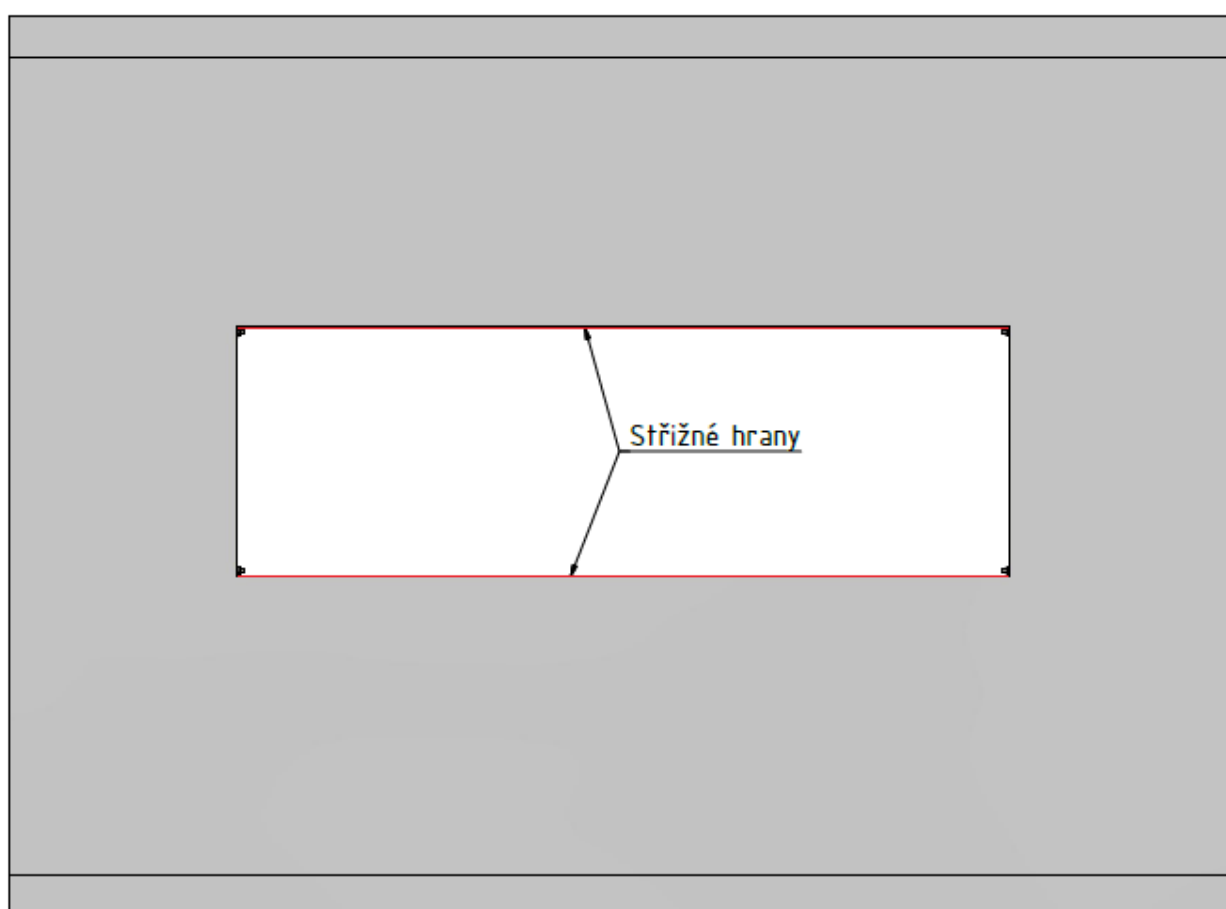


Obr. 4.2 – Push-to-open píst [20]

## 5. ZABEZPEČENÍ

Tato kapitola se z důvodů frekventovaného pohybu osob okolo okna bude zabývat zabezpečením proti případným úrazům. Nejkritičtější místa jsou střížové hrany (Obr. 5.1), které je nutno zabezpečit jak z pohledu ze sálu, tak z technické místnosti. Mohou být nebezpečné například při zanechání prstů při zavírání okna, proto byly nejvhodnější varianty zvoleny světelné závory a tlakové spínací lišty. Zabezpečení musí být zajištěno minimálně dvojí z důvodu náhodného selhání jednoho z bezpečnostních opatření.

Přední pohled ze sálu



Obr. 5.1 – Střížné hrany

### 5.1 Světelná závora

Jedná se o elektronicko-optický prvek, který snímá přerušení světelného paprsku. Skládá se z LED diody a fototranzistoru. Slouží k ochraně automatických dveří, výtahových dveří, vertikálně posuvných dveří a samospouštění eskalátorů nebo pojízdných chodníků. [21]

#### Druhy světelných závor

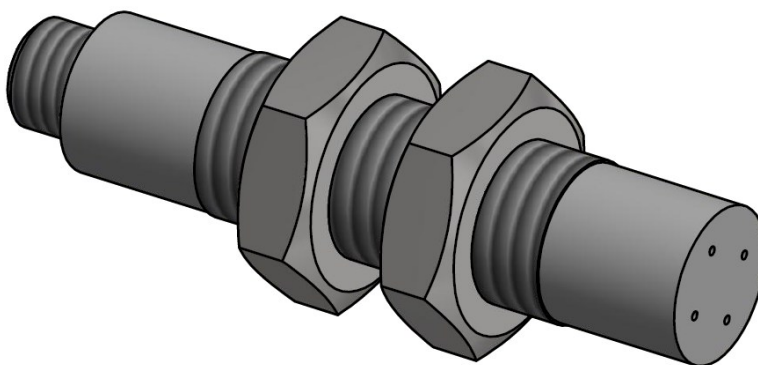
Světelné závory existují ve více variantách. Například jednocestné nebo rovnou celé profily s několika paprsky (Obr. 5.2).



Obr. 5.2 – Vícepaprsková světelná závora [22]

#### Volba světelné závory

Pro zabezpečení vertikálně posuvného okna byla zvolena miniaturní jednocestná bezpečnostní závora ReeR ILION IL10 s kovovým tělem o závitu M18. (Obr 5.3)



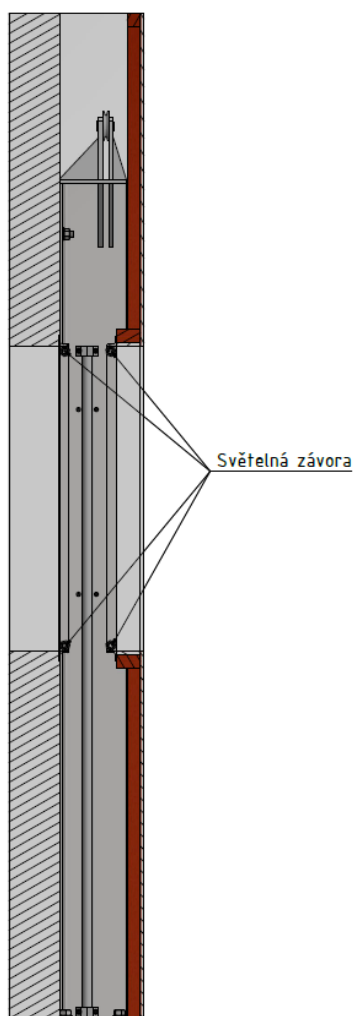
Obr. 5.3 – Model bezpečnostní závory

**Parametry z katalogu [23]:**

- signalizační stavová LED
- elektrické připojení konektorem M12, 4-PIN
- výstup PNP – 100 mA
- provozní teplota 0°C až +55°C
- krytí IP 67 vodě a prachu odolné

**Uchycení světelné závory**

Pro uchycení světelné závory byl přišroubován L-profil 30x30x4mm okolo díry ve stěně. Následně byly do bočních profilů navrtány díry, kterým se závora prostrčila a z obou stran profilu dotáhla maticemi dle Obr. 5.2. Tím byla zabezpečena střížná hrana spodní i horní. Stejný princip byl použit i na straně krytí, kde byl L-profil přišroubován k vyztužené kostře (Obr. 5.4).



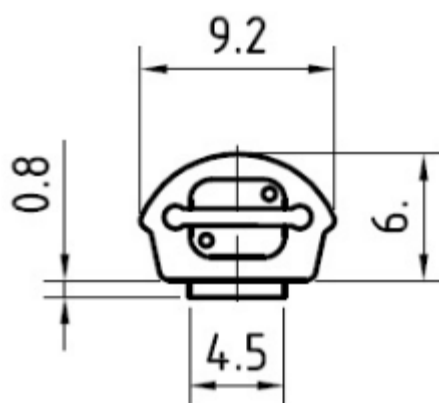
Obr. 5.4 – Pohled v řezu na umístění bezpečnostních závor

## 5.2 Tlaková spínací lišta

Spínací lišty bývají ochranná zařízení, které se skládají z gumového profilu s integrovaným spínacím elementem. To většinou bývají dva drátky uložené ve vodivém silikonu, které prochází skrz celou lištu. Pokud je na lištu vyvinut tlak a vodivé silikony se setkají, vznikne sepnutí celého obvodu, dojde ke ztrátě energie v motoru a ten se zastaví.

### Volba spínací lišty

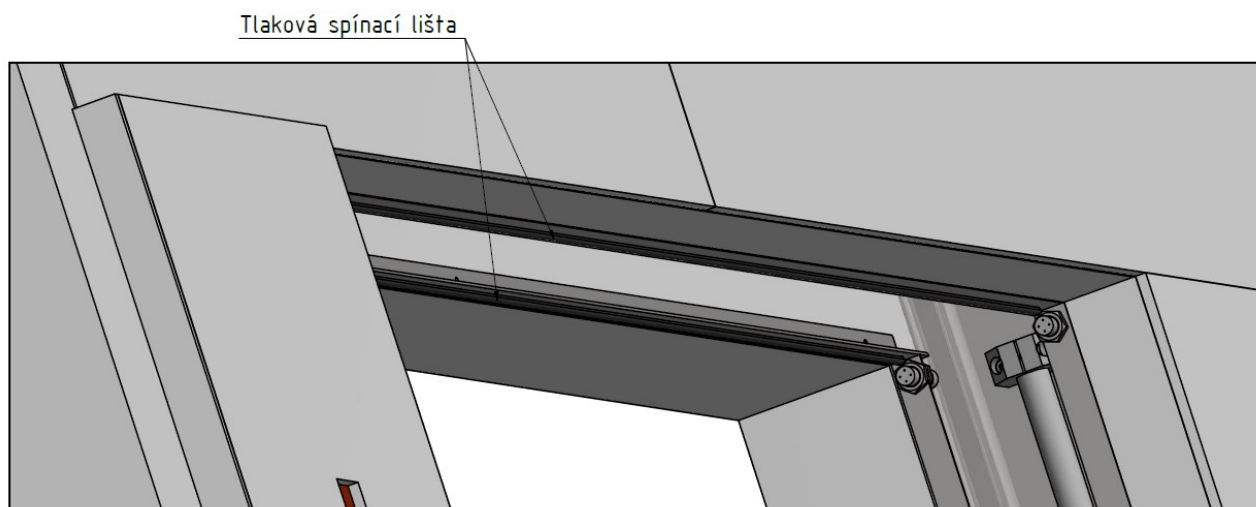
Jako nejvhodnější byla z důvodu její velikosti a způsobu nalepovacího uchycení vyhodnocena Mini bezpečnostní spínací lišta EKS 002 s rozměry dle Obr. 5.5. [24]



Obr. 5.5 – Profil spínací lišty

### Uchycení spínací lišty

Dvě spínací lišty jsou nalepeny na vrchních L-profilech. (Obr. 5.6)



Obr. 5.6 – Umístění spínacích lišt

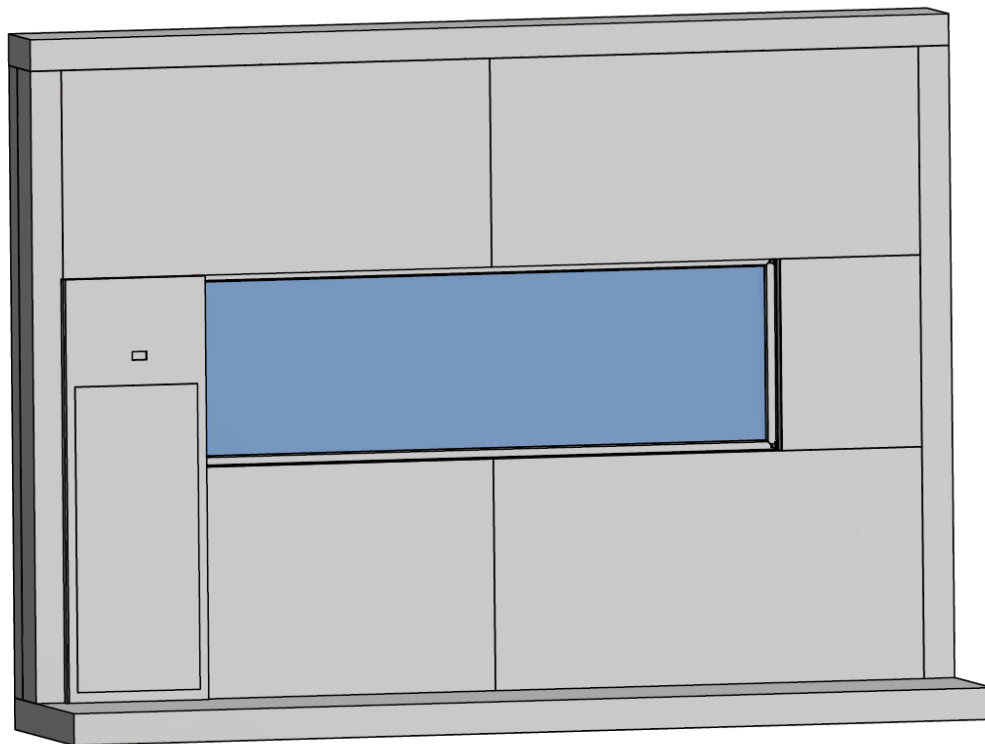
## 6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout elektricky otevíratelné okno mezi divadelním sálem a technickou místností (Obr. 6.1). Konstrukční řešení bylo zvoleno z několika možných variant.

Byla zvolena a navržena varianta, která se skládá z několika částí. Jelikož zdivo okolo mechanismu bylo z ytongu, musela být konstrukce navrhována tak, aby bylo zamezeno zbytečnému namáhání zdiva. Tento problém byl vyřešen za pomoci L-profilů, které posloužili jako nosné sloupy. Nejprve bylo nutné sestavit levý a pravý nosný prvek. Poté bylo nutné navrhnout lano. Dále se práce zabývala volbou skla, rámu a vyřešení problému s uchycením lana. Z hmotnosti okna byla provedena volba lineárního aktuatoru od firmy Raveo. Následovala konstrukce kladek a způsoby jejich uložení v mechanismu. Obecně proběhly veškeré volby z oficiálních katalogů. Postupně byly v práci vysvětleny a vyobrazeny způsoby uchycení pro každou ze součástí. Nejkritičtější součásti byly pevnostně zkontrolovány.

Byl navržen způsob krytí celého mechanismu, kde bylo nutno nejprve navrhnout kostru, kterou lze uchytit do zdiva a na tu posléze připevnit dostatečné krytí.

Bezpečnost celého mechanismu byla zajištěna pomocí dvou párů jednocestných světelných bariér uložených vždy horizontálně proti sobě u střižných hran a pomocí dvou tlakových spínacích lišt umístěných přímo na střižných hranách.



Obr. 6.1 – Elektricky otevíratelné okno

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ONDROUCH, Jan a Jarmila ŠŇUPÁRKOVÁ. *Příručka statiky s příklady*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1986.
- [2] HORYL, Petr. *Statika a dynamika*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1988.
- [3] PODEŠVA, J., *Dynamika v příkladech*. VŠB-TUO Ostrava, 1999.
- [4] NĚMČEK, M., *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*, skripta VŠB-TU Ostrava, 2001
- [5] ERBİR YAPI, Vertical Sliding Window Systems, electrically operated, Motorized Panoramah - YouTube. *YouTube* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HDhVx3ZVryk>
- [6] *Švandovo divadlo* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.svandovodivadlo.cz/images/galleries/120/large/1747.jpg>
- [7] [online]. Copyright ©3 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/Lio4HQB0m2A/maxresdefault.jpg>
- [8] Vodící tyče - Matis s.r.o.. *Lineární vedení - Matis s.r.o.* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.matis.cz/cs/kategorie/vodici-tyce>
- [9] Lineární vedení - Matis s.r.o. [online]. ]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: [http://www.matis.cz/data/pdf/linearni\\_technika\\_kulickova\\_pouzdra\\_tyce/50.pdf](http://www.matis.cz/data/pdf/linearni_technika_kulickova_pouzdra_tyce/50.pdf)
- [10] ČSN 27 0100. *Zdvihací zařízení. Výpočet ocelových lan pro jeřáby a zdvihadla. Český normalizační institut, 1956.*
- [11] Šestipramenné ocelové lano 42 drátů průměr 5mm. *Safetex, zvedací a upínací technika - kurty, zvedáky, kladkostroje, hupcuky, váhy, řetězy, lana, jevištní a divadelní technika* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.safetex-shop.cz/p/1942/sestipramenne-ocelove-lano-42-dratu-prumer-5mm>
- [12] *Lineární vedení - Matis s.r.o.* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: [http://www.matis.cz/data/pdf/linearni\\_technika\\_kulickova\\_pouzdra\\_tyce/22.pdf](http://www.matis.cz/data/pdf/linearni_technika_kulickova_pouzdra_tyce/22.pdf)
- [13] Lisovací lanová koncovka s metrickým závitem, nerezová ocel A4. *Pro firmy, řemeslníky i kutily, B2B i B2C | ObchodProDilnu.cz* [online]. Copyright © 2018 ObchodProDilnu.cz [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://www.obchodprodilnu.cz/koncovka-lanova-lisovaci-s-metrickym-zavitem-nerez-a4-7712.html>
- [14] AC aktuátor ALI5 | RAVEO s.r.o.. *RAVEO s.r.o. | WORLD OF MOTION* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/stridavy-aktuator-ali5>
- [15] MECVEL PARTcommunity 2D/3D Models. *302 Found* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: [http://mecvel.partcommunity.com/3d-cad-models/sso?info=mecvel%2Fali5%2Fali5\\_ca\\_asmtab.prj#!prjpathinfo=mecvel/ali5/ali5\\_ca\\_asmtab.prj](http://mecvel.partcommunity.com/3d-cad-models/sso?info=mecvel%2Fali5%2Fali5_ca_asmtab.prj#!prjpathinfo=mecvel/ali5/ali5_ca_asmtab.prj)
- [16] Ruční ovladač TFH7 | RAVEO s.r.o.. *RAVEO s.r.o. | WORLD OF MOTION* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/rucni-ovladac-tfh7>



- [17] ČSN 27 1820. *Zdvihací zařízení. Kladky a bubny pro ocelová lana*. Český normalizační institut, 1957.
- [18] Kuličková ložiska - 62204-2RS1. [online]. Copyright © Autorská práva [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=62204-2RS1>
- [18] DREVOP | Velkoplošné materiály - OSB desky. *DREVOP | O společnosti* [online]. Copyright © DREVOP Šindlerová s.r.o. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.drevop.cz/velkoplosne-materialy-osb-desky.php>
- [19] MDF 10mm. *delika cz prodej potřeb pro stolaře a velkoplošných materiálů - DELIKA s.r.o.* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://delika.cz/velkoplosny-material/287-mdf-10mm-2070x2800.html>
- [20] *Nábytkové kování, drátěný program, spojovací materiály | Nábytkové kování M-KUPR* [online]. Copyright © UU [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: [http://www.kovani-mkupr.cz/img\\_zbozi/015567-021664.jpg](http://www.kovani-mkupr.cz/img_zbozi/015567-021664.jpg)
- [21] Světelná závora – Wikipedie. [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Bteln%C3%A1\\_z%C3%A1vora](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Bteln%C3%A1_z%C3%A1vora)
- [22] *Aufzugtechnik Burghartz GbR in 40235 Düsseldorf und im Rheinland* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.burghartz-aufzugtechnik.de/images/modernisierung/lichtvorhaenge-lichtgitter03.jpg>
- [23] Bezpečnostní jednopaprsková závora ILION - REM-Technik - Průmyslová a domovní automatizace. *REM-Technik - Průmyslová a domovní automatizace* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/bezpecnostni-systemy/svetelne-zavory-bezpecnostni/bezpecnostni-jednopaprskova-zavora-ilion-1266.html>
- [24] Mini bezpečnostní spínací lišty - Teprostroj, s.r.o. | Bezpečnostní komponenty pro strojní průmysl. *Produkty - Teprostroj, s.r.o. | Bezpečnostní komponenty pro strojní průmysl* [online]. [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <http://www.teprostroj.com/produkty/bezpecnostni-komponenty-pro-stroje/33-bezpecnostni-komponenty-pro-stroje/mini-bezpecnostni-spinaci-listy/885-mini-bezpecnostni-spinaci-listy>

## **8. SEZNAM PŘÍLOH**

Sestavný výkres GAT0017-00

Výrobní výkres GAT0017-00-01

CD-ROM s textovým souborem bakalářské práce a technickou dokumentací